

家蚕の吐糸機構に関する研究 (V)

繭糸における Helix および Crimp の形成について

荻原 清治*

Kiyoharu OGIWARA: Studies on the Spinning Mechanism of Silkworm (V)

On the Formation of Helical and Crimp Shape in the Cocoon Fiber

(1960年9月1日受理)

I 緒 言

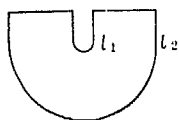
低速度で1粒繰をした繭糸を急断するとその1部においてしばしばラセン状または波状形を形成することがある。これは急伸長によつて繊維内に不均一な歪が起るためである。繭糸内に形態的に不均一構造をもつ部分のあることは繭質調査において認められるところですでに多くの報告⁽¹⁾⁽²⁾がある。その原因としては繭糸の形成にあつて液状絹の熟度の不均一、吐糸速度の遅速、伸長倍数の不均一などがおこり構造上に斑ができ、物理的性質の異なる部分が形成されるためである。他の天然の繊維形成物においてもこれと同じような形態をとるものに野蚕絹、蜘蛛糸⁽³⁾、羊毛⁽⁴⁾および蔓性植物⁽⁵⁾⁽⁶⁾のまきひげなどがある。これらの形成過程においてはそれぞれの特徴があるが結局において形成物の構造上の不均一性⁽⁷⁾が主原因となつていのである。若し家蚕繭糸内にこのような不均一部があればこれらの部分は繭層の縮皺の形成、解舒の問題に、ひいては生糸の性状などにも影響してくるのである。林氏等⁽⁸⁾は家蚕テグスの捲縮部について研究しその原因を絹糸腺の彎曲部にあると述べている。

本報告では繭糸の形成にあつてこのような不均一性が起ることを知るために主として絹糸腺の第2彎曲部を材料としていろいろな実験をおこなつた結果を述べ、この結果をもとにして営繭にあつての吐糸条件、営繭環境の適正化に資せんとするものである。この研究の材料は本学竹田研究室からいただいたものである。ここに竹田博士並びに同研究室各位に深甚の感謝をする。尚本研究は昭和29年第24回蚕糸学会に発表した。

II 実験材料および方法

(1) 材 料

本学部産長光×信和の完熟した蚕から絹糸腺をとり出し、水洗後0.2%の醋酸液に室温で5分間浸漬し水洗、表面の水を濾紙でとり第2彎曲部を材料にもちいた。この実験には実験条件の設定が非常に大切である。この試料の Fibroin:Sericin=58%:42%、含水量は67.6%であつた。試料の大きさは4倍に拡大して作図し、内側(l_1)、外側(l_2)を下図のようにして測つた、もちいた長さは大体次図のとおりである。



試料の形長さ
 l_11.0~1.1cm
 l_21.4~2.3

(2) 実験方法

材料の内側が略1cmになるように保持して5cm/秒の速度で見掛上の伸びがCIP(凝固増大点)になるまで伸長した。これを(1)伸ば

* 信州大学繊維学部製糸原料科学室

したまま乾したものを、(2)伸長後僅かに荷重を減じて（収縮する）乾固したものをつくり生糸の練減検査の常法によつて精練したものについて調査した。

III 実験結果および考察

この材料について伸長した長さ、伸長倍数、伸長直後の回復率、乾固した試料の長さ（残留長）精練後の形態および生成糸の偏光性などについて調査し、その結果を第1表、第1図、第2図に示した。第1表の項目は次のとおりである。

伸ばした長さ = 伸長全長

伸長倍数 = $\frac{\text{伸長全長}}{\text{原長}(l)}$

回復長 = 伸長後荷重を弱めておきた収縮長

回復率 = $\frac{\text{回復長}}{\text{伸ばした長さ}}$

残留長 = 全伸長 - 回復長 = 乾固した時の長さ

生成糸の形態 = 精練後の形態

また第1表、第1図、第2図の番号の関係は第2表のとおりである。

第 1 表

項 目	実験番号		1		2		3		4*	
	試料の部位		l_1	l_2	l_1	l_2	l_1	l_2	l_1	l_2
原 長 (cm)	1.0	1.0	1.1	1.8	1.1	1.8	1.0	1.42	0.92	2.01
伸ばした長さ (cm)	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	10.0	10.0	10.1	10.1
伸 長 倍 数 (×)	11.0	11.0	10.0	6.0	10.6	6.0	10.0	7.0	11.0	5.0
残 留 長 (cm)	9.0	9.0	9.3	8.8	9.1	8.8	10.0	8.8	10.1	8.7
恢 復 長 (cm)	2.0	2.0	1.7	2.2	1.9	2.2	0	1.2	0	1.4
恢 復 率 (%)	18.2	18.2	15.5	22.0	17.3	20.0	0	12.0	0	13.8
残留長/伸長量 (%)	81.8	81.8	84.5	78.0	82.7	80.0	100	82.0	100	86.2
生成糸の形態	直線	直線	凹凸あるラセン形	直線	凹凸あるラセン形	直線形	ラセン形	直線形	ラセン形	直線形

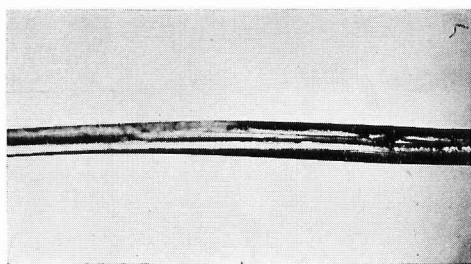
項 目	実験番号		5		6		7		8		9†	
	試料の部位		l_1	l_2	l_1	l_2	l_1	l_2	l_1	l_2	l_1	l_2
原 長 (cm)	1.0	1.6	1.08	1.54	1.12	1.6	1.1	2.3	1.6	1.6		
伸ばした長さ (cm)	10.9	10.9	10.8	10.8	11.2	11.2	11.6	11.6	17.6	17.6		
伸 長 倍 数 (×)	11.0	7.0	10.0	7.0	10.0	7.0	11.0	5.0	11.0	11.0		
残 留 長 (cm)	10.9	9.0	10.8	8.8	11.2	8.8	11.6	8.8	8.8	8.8		
恢 復 長 (cm)	0	1.9	0	2.0	0	2.4	0	2.8	8.8	8.8		
恢 復 率 (%)	0	17.5	0	18.5	0	21.3	0	24.0	50.0	50.0		
残留長/伸長量 (%)	100	82.5	100	81.5	100	78.7	100	76.0	50.0	50.0		
生成糸の形態	ラセン形	直線形	ラセン形	直線形	ラセン形	直線形	ラセン形	直線形	ラセン形	ラセン形		

備考 試験区において(1)(2)はCIP伸長の90%近くまで伸ばした。

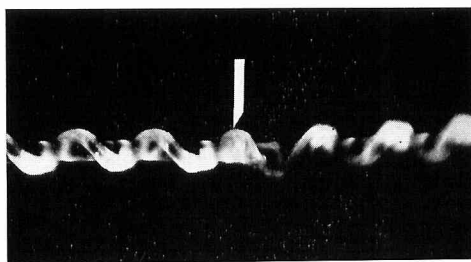
(3)―(9)は CIP 伸長をした。

* ……捻状部が（ラセン形部）直線状層内に包蔵されているもの。

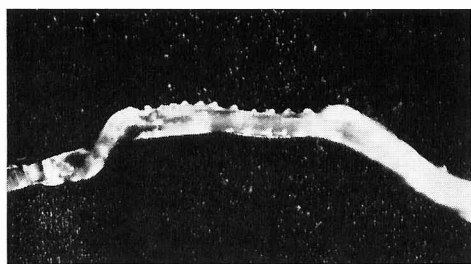
† ……完全なラセン形を呈するもの。



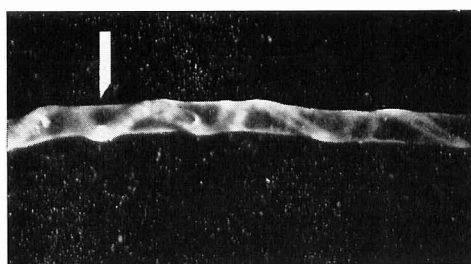
1



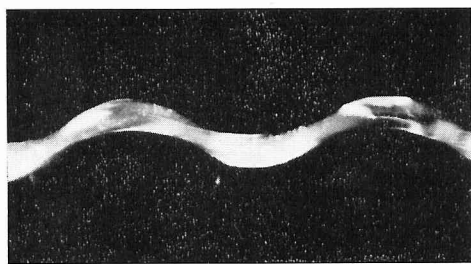
5



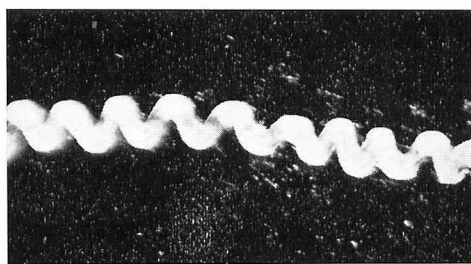
2



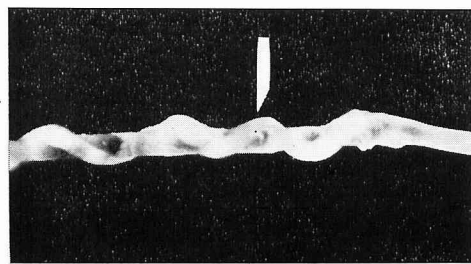
6



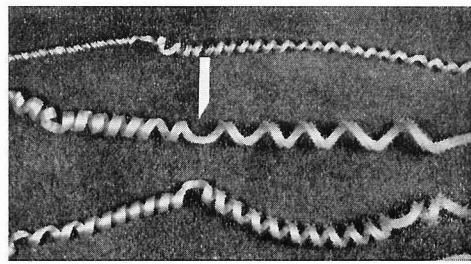
3



7

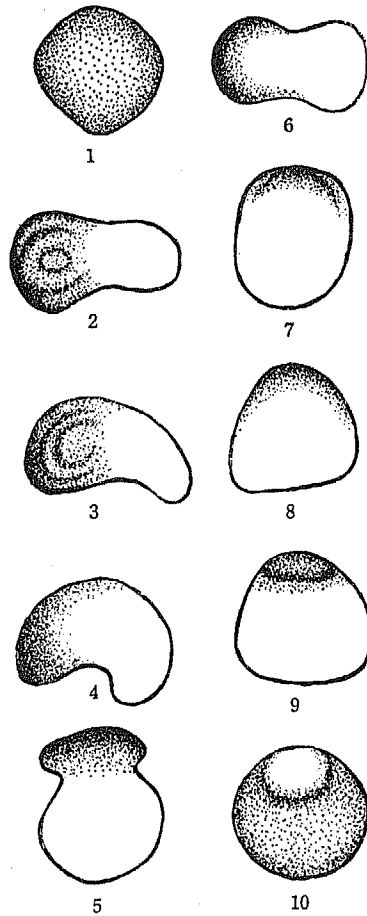


4



8

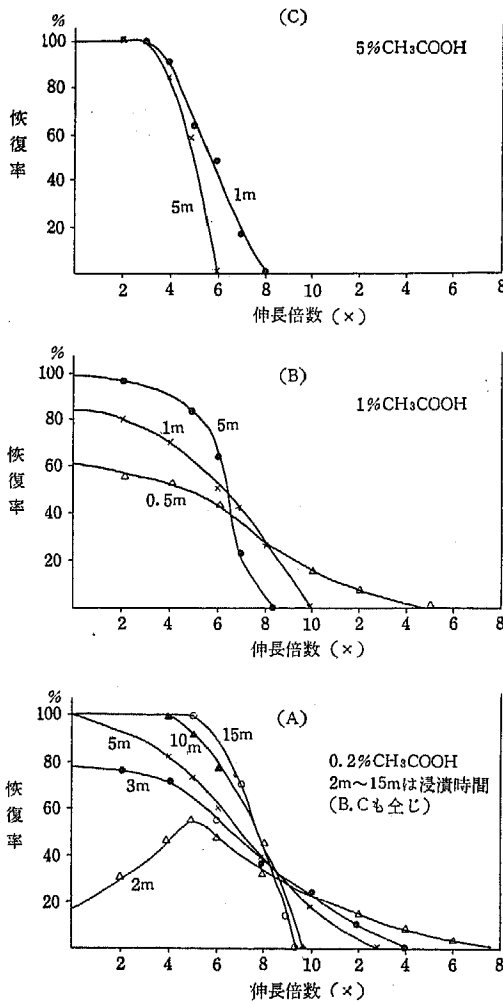
第1図 生成糸の形態 (矢印 捻方向逆転)



第2図 生成糸の横断面および構造 (散点部はL₁印のCIP伸長をしめす)

第1表	第1図	第2表	第2図	生成糸の形態
対照区	1	1	1	直線形
試験区	1 2	2	2-3	表面凸凹ある捻形
	4	6	7-8	捻形は直線形の表面に現われる
	5	4	4-5	捻形
	6 7	5	5-6	捻形
	8			
	9	7	10	完全なラセン形 (外側はL ₁ 伸長部)
	—	8	—	完全なラセン形

以上の結果に見るように対照区の生成糸は均一な直線形をとるが試験区(1)(2)両方法で乾固したものが何れも長さの収縮をおこすと同時に捻形をとっている。実験にもちいた材料は何れも



第3図 伸長倍数と回復率との関係

り荷重を除いても収縮はおこななくなる。更に浸漬時間を増すと始めから殆ど完全弾性体の様相をとり、伸長を進めると次第に弾性を減じC I Pにおいてこれまた弾性は消失してしまう。C I Pの大きさと浸漬時間との間には指数曲線的関係が見られる。本実験の試料の l_1 と l_2 の間にこの関係を考えることができるのである。すなわち不均一形態をとる第1表の3~8の l_1 、 l_2 の平均伸長倍数は $l_1=10.3$ 倍、 $l_2=6.3$ 倍で l_1 部がC I P伸長に達しているのに対して l_2 部はC I Pに対して60%の伸長率であるから第3図から推定して60%の回復率をもっている、したがって平均収縮率17.8%で乾固すると l_1 と l_2 の残留伸長はそれぞれ10.3:8.2となり、 l_2 が弾性をしめすのに l_1 は弾性をしめさないの l_2 部の収縮のために生成糸は捻れ状をとるのである。また生成糸の断面において l_1 と l_2 のしめる大きさの差によつて断面形は第2図に見るよういいろいろな形をとるのである、そして l_1 と l_2 部を偏光顕微鏡で見ると l_1 部において列

透明であるが伸長したものは対照区全体が白濁不透明となるのであるが試験区は捻形部は不透明となるのに対して直線部は透明である。しかしこの不透明部も乾固するとすべて透明となり、これを水または適当な膨潤剤で膨潤すると再び不透明となる。このように見掛上同一伸長をおこなつた場合にも絹分子内では異なつた変化がおこるのである。次にその理由を考えて見る。既に述べたとおり、もちいた試料の内側(l_1)と外側(l_2)とでは長さが異なり、これを同じ条件で伸長するのであるから伸長倍数に差ができ、ある部分はC I Pまで伸ばされるのに他の部分はC I Pに達しないである。そこでこれらの部分の間に異なつた分子配列と繊維構成がおこなわれるのである。絹糸線の直線部をいろいろな条件で伸長し荷重を除いて見ると伸長倍数によつて長さの回復率(弾性および可塑性のおこる関係から)が異なるのである。この伸長倍数と回復率との関係は第1次凝固処理の程度および伸長速度によつて異なるのである。今1例を示せば第3図のとおりである。

この図に見るように凝固処理の条件によつて回復力が複雑な形をとることがわかる。今(A)に例をとつて見ると浸漬時間が短かいと伸長は分子の滑動によつてのみおこり荷重は極めて微少であり変形も可塑的にのみおこる⁽⁶⁾、浸漬時間を増すと次第に弾性が現われ、ある伸長倍数で最大となり更に伸長すると弾性は低下し、C I Pに達すると全く弾性はなくな

次の高い偏光色を現わし、この部分のミセル配列がよいことをしめす。したがって強度も l_1 部において高い値⁽⁴¹⁾をしめした。

次に捻形を形成する試料中捻れ方向の逆転しているものがある、この逆転は羊毛⁽⁴²⁾、まきひげ(第1図の8参照)に同じようにおこる。正常繭糸には往々にして念珠状部、波状部、ラセン状部のあることは著者、沖氏等(前出)により報告されているところである。これは営繭の場合に絹糸腺の熟度の不均一、吐糸速度の急変、吐糸形がループ状に画かれる間に本実験に設定したような条件が生起して上のような異状形態を呈するのであろう。そしてこれらの形態をとる部分が質的に不良、強伸度弱く切断の原因となり、解舒に影響することも沖氏、荻原等により報告されている。次に第1図5, 6, 7の捻部においてしばしば微細繊維の分裂が見られる。著者⁽⁴⁰⁾は絹構造上ミセル配列度の高いものにおいて分裂がおこり、液状絹の伸長倍数が増す程ミセル配列がよくなることを報告した。捻状部がいずれもCIPまで伸長されて形成されていることからこの部分においてミセル配列がよくなりそのために微細繊維の分裂がおきてくるのである。

摘 要

この研究において次のことを知り得た。

- (1) 中部絹糸腺の第2彎曲部に適当な第1次凝固をあたえて伸長すると生成糸は捻れ状形態をとる。
- (2) この捻れ状形の形成は材料の長さが部分によつて異なるため一部にCIP伸長がおこなわれるのに対して他の部分がCIPに達しないためである。
- (3) 捻れ形の方向は左右いずれもあるが途中でこの方向に逆転するものができ、その生成比率は非常に高い。
- (4) 絹糸腺の伸長にあつて第1次凝固の程度により弾性、可塑性変形の起る相互関係は液状絹の熟度、伸長速度および伸長倍数と密接な関係がある。
- (5) 繭糸中にしばしば見られる異状形態は営繭吐糸に際しての伸長が本実験に設定したような条件でおこなわれるためこれら異状形態部の存在は繭質、糸質に影響するので本実験の結果をもとにして営繭環境の適正化をはかる資料とすることができる。
- (6) この捻れ形の形成は他の繊維形成物にも見られ……例えば羊毛、蔓性植物のまきひげ……その発生機構は同じカテゴリーによるものであろう。
- (7) 捻れ形部において微細繊維の分裂が見られるのはこの部分のミセル配列が良化しているということをしめしている。

文 献

- (1) 沖 濤治, 今井喜八 (1949—1951) 蚕糸品質向上理化学研究 第2号, 第3号
- (2) 荻原清治 (1938) 蚕糸学雑誌 第11巻 第2号
- (3) K. OHARA (1938) Melliand Textilberichte Vol. 19, 407
(1939) Vol. 20, 326
- 堀尾, 近士 (1953) Textile Research Journal Vol. 23, 373
- E. H. MERCER 1954 " Vol. 24, 388

- (4) 荻原清治 未発表
- (5) 科学朝日 (1949) かぼちやのまきひげの形成 8月号
- (6) 小原亀太郎外 1名 (1935) 日本蚕糸学雑誌第6巻 第2号 105~120
- (7) 林 禎二郎 待田行雄 (1949) 日本蚕糸学雑誌 第18巻 第5号
- (8) "Essey in Pheology" (1947)
- (9) (1)に同じ
- (10) 荻原清治 (1952) 信大紀要 第2号 (B)
同 (1955) 信大繊維学部報告 第5号
- (11) 同 (1933) 蚕糸界報第42巻 第501号
- (12) Barker and Norris "紡織纖維" 199頁 (1943) 祖父江寛 新光社

Summary

Using the 2nd curved portion of the middle silk gland extracted from a domestic silk-worm, an elongation test was made for measuring and observing the structure and shape of created fibers. (The shape of the fiber is gut-like form.) The following results were obtained.

(1) The created fibers have straight parts and helical ones. Some of them have clear division between both parts, while others have straight parts containing helical ones in themselves.

(2) The formation of these helical parts is caused by the difference of stretch multiple at both sides (l_1, l_2) of the test piece. It is owing to the fact that the inner side (l_1) (shorter side) of the curved test piece is stretched to CIP, the outer one (l_2) (longer side) is not yet. The side stretched to CIP makes plastic deformation to become a fiber, while the side not yet stretched to CIP makes elastic deformation.

(3) It often happens that the direction of helix is reversed in the midway of the helical deformed part. Such case occurs at a very high percentage.

(4) Fine fibers are often split out to the surface of helical parts. It is due to the high advancement of micell arrangement at these parts.

(5) Besides the silk fibers, there are things that behave like above helical shape. Wool, tendrils of a cucumber, etc.—all these mechanisms of formation fall on the same category.